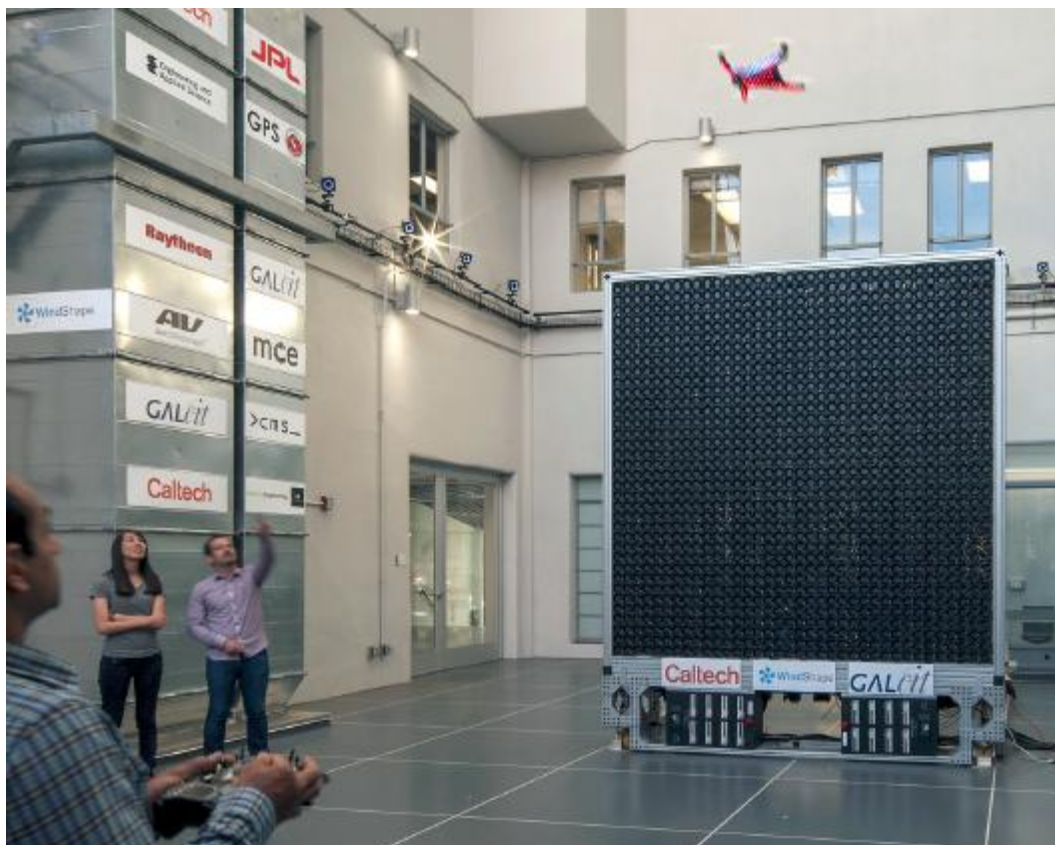


无人机风洞测试系统

Windshaper



产品简介

Windshaper 是一款开放式风洞测试系统，模块化设计，可根据用户的需求自由定制。系统可生成各种风廓线，以便进行无人机抗风性能测试和自由飞行测试。该产品可研究不同风廓线对电机、螺旋桨、ESCs、电池、无人机和任何电动飞机的影响。

功能描述

风洞设备的主要设施是 Windshaper 墙，是专门按用户需求定制而成。Windshaper 由可堆叠的模组组成，每个模组各有 9 个网格风扇单元（图 1）。每个网格风扇单元各自配备了 2 个反向旋转的风扇，可产生最高至 16 米/秒的风速（借助收风装置得到更高风速，见后）。如同电视显示屏的像素越高视图越清晰一样，Windshaper 墙的数百个网格风扇单元使用户可以对气流实现超精准的控制。用户可以使用 WindControl 软件来管理风洞，通过简单的命令即可精确地控制风洞产生的风。

应用研究

- 自由飞行测试
- 着陆阶段优化
- 确定湍流极限
- 固定翼外型设计优化
- 研究不同风廓线下的性能
- 飞行中的垂直起降过渡
- 防水性能评估
- 无人机故障影响（GPS 信号缺失，动力失效，传感器失效）

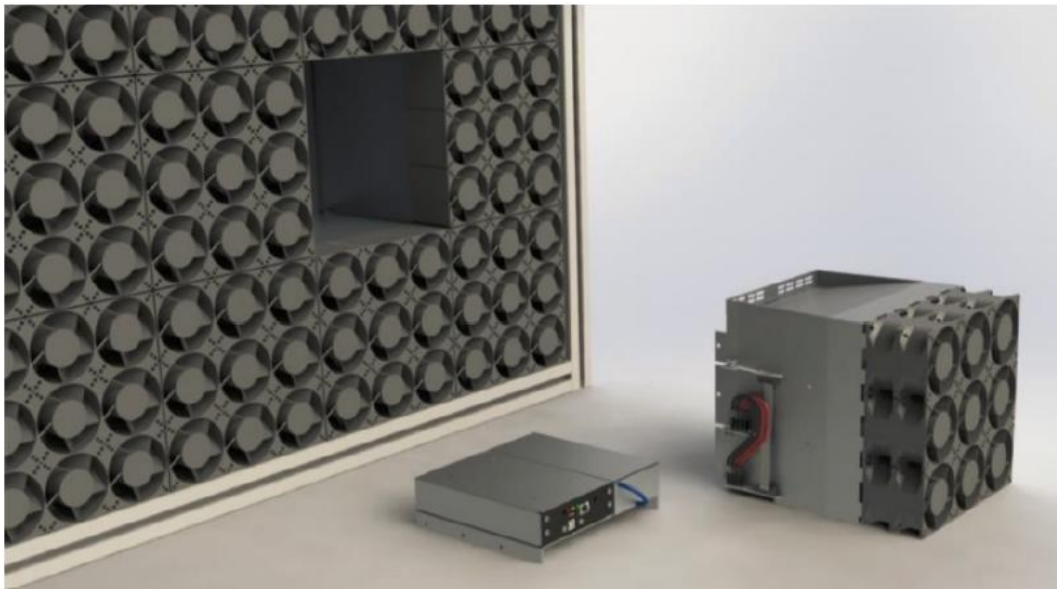


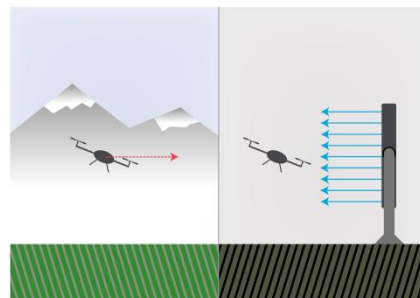
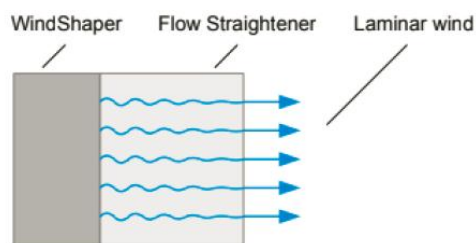
图 1：Windshaper 模组结构图

风廓线

Windshapers 的独特之处在于他们创造动态风廓线的能力，传统的风洞只能提供均匀的气流，而 Windshapers 通过 3D 输入 $u = f(x, y, t)$ 可以创造出诸如风切变、湍流和时变风等特定条件的风况。

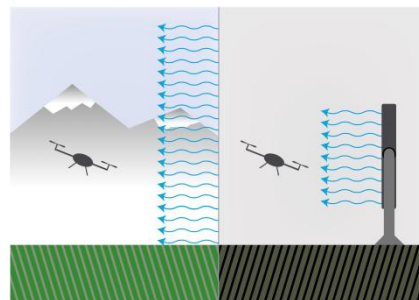
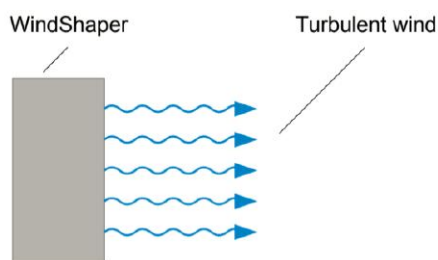
【均匀层流】

这个设置可以用来模拟无人机以给定速度在静止的空气中飞行的场景。这是通过设置 Windshaper 的流动风速（单位：m/s）使得无人机在悬停的状态下能够在测试区域的空中静止飞行。在这种场景下，气流与无人机的相对风速就等同于无人机能够起飞的风速。



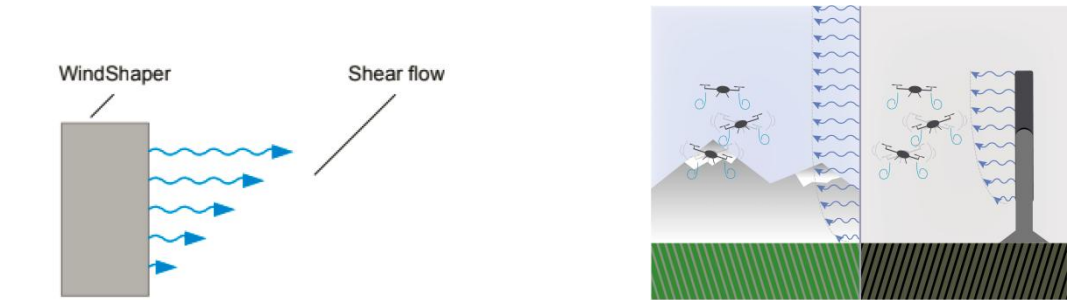
【湍流】

非常适合模拟无人机由于天气和自身拓扑结构在其工作环境可能遇到的场景。在测试环境中，通过控制网格风扇单元的风速来模拟湍流的水平。湍流水平可以在网格风扇单元间相同也可以在不同的测试区域中呈现不同的水平。



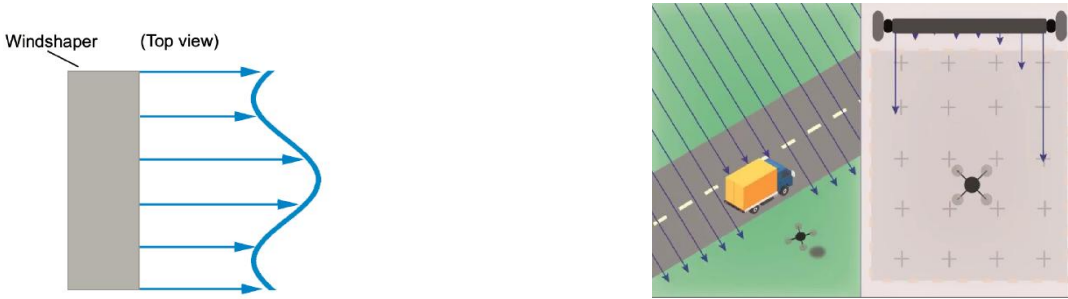
【风切变】

“风切变”一词描述的是风廓线中的相邻气流层以不同的速度彼此平行的流动，它会在墙体、树叶或是有明显热效应的区域产生不稳定的气流。风切变的模拟可以先通过在一个网格风扇单元阵列设定一个较低的风速，然后再在相邻的另一个网格风扇单元阵列中设置一个较高风速来实现。



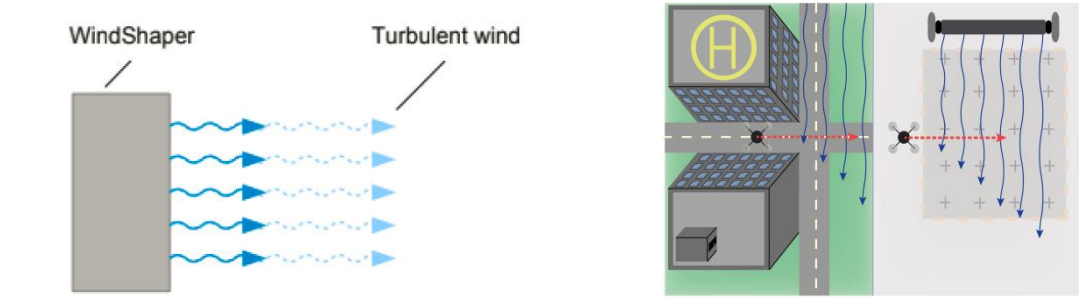
【时变风】

用户可以改变网格风扇单元的风速随时间变化来创造独特的时变风廓线，例如将其中一个网格风扇单元的初始风速设定为 2m/s，然后不断上升至 10m/s，随后再调整下降至 2m/s 等操作，用户将得到像下图正弦波一样的风速变化曲线。



【阵风】

阵风风速的突然变化对无人机的导航性能极具挑战性，我们可以通过不断控制网格风扇单元风速的急剧变化来真实的模拟阵风，这有助于帮助用户研究无人机阵风条件下的偏移或抗风阻能力，同时也可以有效的检验飞控的灵敏度。



【垂直风】

无人机着陆时会直接受到机体本身引发湍流（下降气流）的不稳定影响，我们可以将 Windshaper 水平放置去生成相对于无人机湍流的真实模拟场景。



风洞硬件

Windshaper 硬件设施（图 2）含有一整面墙的风扇阵列，用来制造水平和垂直方向的风况（图 2：①）。同时配备侧面墙（图 2：②），用以产生多样的侧向风廓线。系统整体由 2 个主配电箱供电（图 2：③），另外网络控制组成部分包含以太网交换机、路由器和一台机载电脑等设备（图 2：④）。

每个 Windshaper 模组都连接有一个动力控制单元（P&C）：分别包含模组的控制系统和供电系统。供电系统可以将外部接入的交流电路转换为风扇所需的 12 V 直流电。控制系统通过微控单元来实现控制。用户可以通过以太网协议连接局域网中的机载电脑进行通信。集成的微控单元解析接收到的信号并控制相应的风扇。相关模组状态（电源状态、系统健康、风扇状态）被回传至机载电脑。



图 2：Windshaper 结构图



图 3：Windshaper 外观和尺寸示例

自定义定制参数

- Windshaper 外形尺寸
- 风的类型和方向
- 起飞和降落条件
- 过滤器减少湍流
- 收风装置增加最大风速
- 倾斜系统从 0° 到 90°

可定制功能

【滤风装置】

Windshaper 可以选配滤风装置来减少不需要的湍流，以此确保气流的均匀流动，用以研究地面效应和多旋翼无人机着陆阶段的湍流效应。



【倾斜装置】

Windshaper 配备的倾斜装置支持风洞吹向任意方向，最高倾斜至 90 度，可以模拟无人机的整个起降过程。



【喷淋装置】

造雨功能为无人机测试提供了模拟降雨的场景，这是非常不错的验证无人机防水性能的办法，同时可以评估不同天气对无人机运行的影响，系统还可以支持大雾测试场景的模拟。



【收风装置】

Windshaper 根据具体的测试区域通过收风装置可将 16m/s 的风速提高至最大 45m/s 的风速。



软件系统

风洞系统通过 WindControl 软件实现管理，只需简单的命令即可让用户完全精准的控制风力。

您也可以手动选择希望激活的网格风扇单元，或者输入一个数学函数来再现任何稳定的或时变的风廓线。另外您还可以使用 WindShape Python 3. x 的 Python 脚本通过控制 API 来直接控制风洞。

- 风廓线的动态控制 $u = f(x, y, t)$
- 超短时长动态控制，步进 0.1s
- 单个网格风扇单元涡流控制
- 升级版 WindControl 2.2 版本软件
- 多平台兼容性（操作系统）
- 用户通过以太网连接风洞实现网络通信
- Python 3. x API 自定义脚本接口
- 基于 Web 的图形用户界面

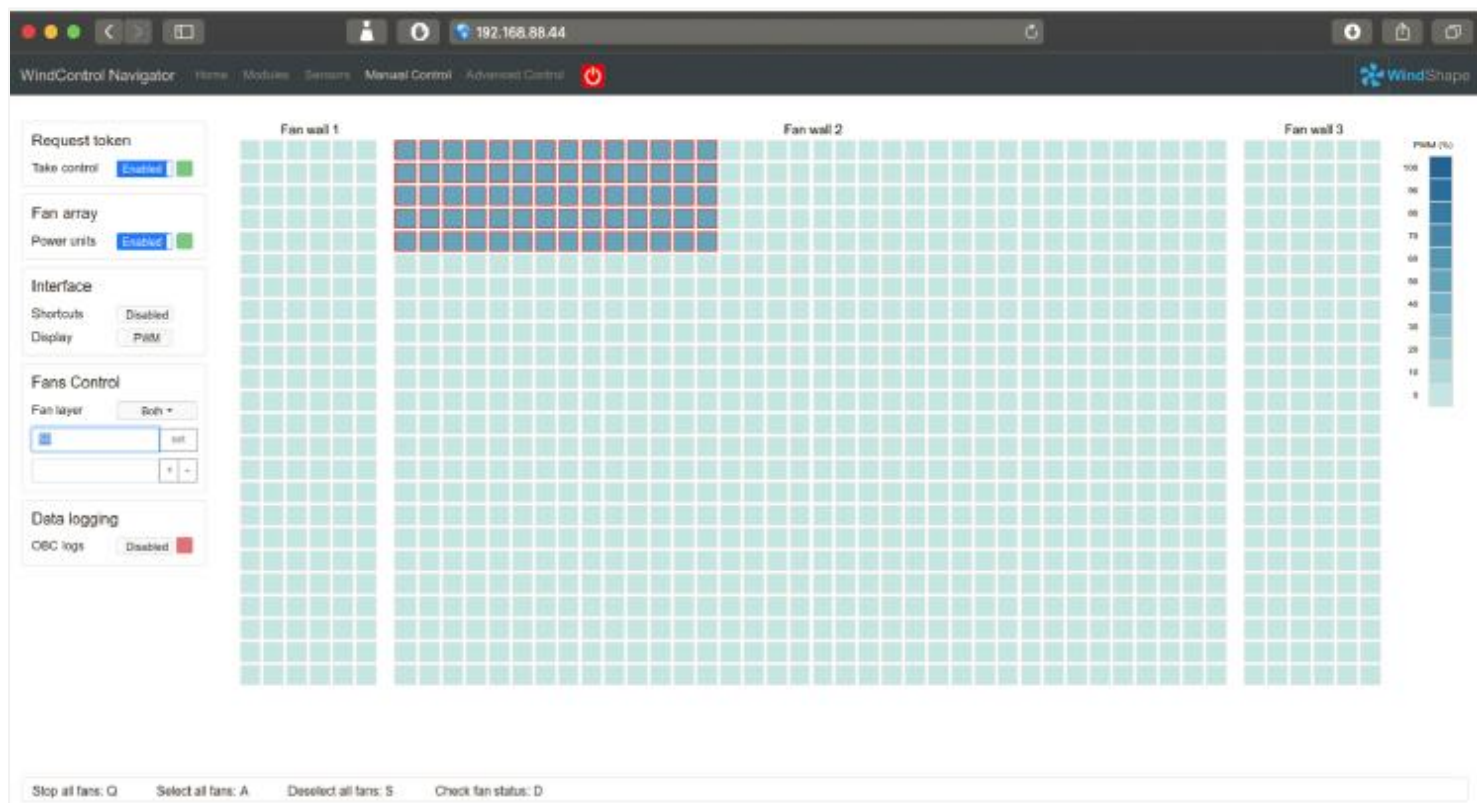


图 4: WindControl 软件操作界面

中国地区授权独家代理商



Tyto Robotics

B1 - 80 rue Adrien Robert, Gatineau, QC, J8Y 3S, Canada



北京航通天下科技有限公司

www.aeroer.com · sales@aeroer.com · 010-8857 0498